



HA

Attorney's Docket No.: 225-010254-US(PAR)

PATENT

03CD
#9
Priority D
8/6/01

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: WATANABE et al.

Group No.:

Serial No.: 09/819,370

Examiner:

Filed: 3/28/01

For: RIDGE TYPE SEMICONDUCTOR LASER OF DISTRIBUTED FEEDBACK

Commissioner of Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is claimed for this case:

Country : Japan
Application Number : 2000-91734
Filing Date : 29 March 2000**WARNING:** "When a document that is required by statute to be certified must be filed, a copy, including a photocopy or facsimile transmission of the certification is not acceptable." 37 CFR 1.4(f) (emphasis added.)

SIGNATURE OF ATTORNEY

Clarence A. Green

Reg. No.: 24,622

Type or print name of attorney

Tel. No.: (203) 259-1800

Perman & Green, LLP

Customer No.: 2512

P.O. Address425 Post Road, Fairfield, CT 06430

NOTE: The claim to priority need be in no special form and may be made by the attorney or agent if the foreign application is referred to in the oath or declaration as required by § 1.63.

CERTIFICATE OF MAILING/TRANSMISSION (37 CFR 1.8a)

I hereby certify that this correspondence is, on the date shown below, being:

MAILING

☒ deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to the Commissioner of Patents and Trademarks, Washington, D.C. 20231

Date:

6/11/01

FACSIMILE

☐ transmitted by facsimile to the Patent and Trademark Office

Signature

DEBORAH J. CLARK
(type or print name of person certifying)

(Transmittal of Certified Copy [5-4])



日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 3月29日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-091734

出 願 人

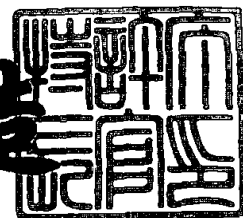
Applicant (s):

パイオニア株式会社

2001年 2月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3003145

【書類名】 特許願

【整理番号】 54P0174

【提出日】 平成12年 3月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 分布帰還リッジ型半導体レーザ

【請求項の数】 6

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

 【氏名】 渡部 義昭

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

 【氏名】 陳 農

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

 【氏名】 武井 清

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

 【氏名】 竹間 清文

【特許出願人】

 【識別番号】 000005016

 【氏名又は名称】 パイオニア株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100079119

 【弁理士】

【氏名又は名称】 藤村 元彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 016469

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9006557

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 分布帰還リッジ型半導体レーザ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体活性層と、前記半導体活性層上に突出して形成されかつ互いに積層されたクラッド層及びコンタクト層からなるリッジと、前記リッジの両側面から前記半導体活性層上に延在する複数のグレーティング溝からなり前記リッジの伸長方向において周期構造を有するグレーティングと、を有する分布帰還リッジ型半導体レーザであって、隣接する前記グレーティング溝に励起光を吸収する吸収層を有することを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 2】 前記吸収層は、前記グレーティング溝に接する第 1 絶縁層と前記絶縁層上に積層された金属層と前記金属層上に積層された第 2 絶縁層とからなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ。

【請求項 3】 前記吸収層は、絶縁材料に金属を分散させた絶縁層からなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ。

【請求項 4】 前記リッジの側面と前記グレーティング溝の各々とを結合しかつ前記リッジのクラッド層の上部から前記グレーティング溝の上部まで伸長する傾斜面を有するブラケット状グレーティング部分を有することを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ。

【請求項 5】 前記活性層が $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ (但し、 $0 \leq x < 1$, $0 \leq y \leq 1$) を主成分とするバルク層又は単一量子井戸若しくは多量子井戸層であり、前記クラッド層が InP であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ。

【請求項 6】 前記コンタクト層が InGaAsP 若しくは InGaAs であることを特徴とする請求項 5 記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、分布帰還 (Distributed Feedback:DFB) 半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】

分布ブラッグ反射型半導体レーザとともにDFB半導体レーザは、周期構造すなわち回折格子（グレーティング）を励起された光の導波方向に沿って設けて、前進波及び後進波の結合を利用し、光帰還による波長選択性を持たせたレーザとして知られている。DFB半導体レーザは、光ディスクから信号を読み出し／書き込む光学式情報記録再生装置における光ピックアップ装置の光源に用いられる他に、光CATVなどの光通信システム、光計測分野などに応用されている。

【0003】

DFB半導体レーザの製造では、光結合を大きくするために活性層近傍に周期構造を作り込む必要があるので、通常、例えば、有機金属化合物気相成長法(MOCVD)により、活性層を含むレーザ構造を成長させ、エッチングなどにより周期構造を作り、ふたたびレーザ構造を再成長させる、という再成長工程が必要となる。

再成長工程の煩雑さを回避するために、再成長工程が必要ないリッジ型半導体レーザの一例として、非対称クラディング導波路構造を有する利得結合DFBレーザが提案されている(M.L. Osowski, J.S. Hughes, R.M. Lammert, and J.J. Coleman "An Asymmetric Cladding Gain-Coupled DFB Laser with Oxide Defined Metal Surface Grating by MOCVD" IEEE Photonics Technology Letters, Vol.9, No.11, November 1997 P1460-P1462)。

この利得結合DFBレーザは、図1に示すように、リッジのある上部クラッド層3上に、周期的に設けられた SiO_2 の複数の絶縁部6及びこれら全体を囲む Ti-Pt-Au の金属電極7で構成されるグレーティングを有し、活性層2を挟む上部クラッド層3及び下部クラッド層1の内、上部クラッド層3を薄くする（光強度分布が導波路伸長方向の垂直方向に対して非対称する）ことに特徴がある。このリッジ型利得結合DFBレーザでは、グレーティング領域の上部クラッド層3が薄く、トップ層の吸収が小さいGaAs系レーザであるため、クラッド3層上部表面まで発振光がしみ出る。したがって、発振光はクラッド3層上部表面のグレーティングの金属電極7により変調を受け、単一軸モードでレーザ発振する。

【0004】

この表面グレーティング利得結合 DFB レーザを InGaAsP 系で作製しようとする、トップ層すなわちコンタクト層の吸収が大きすぎてスローブ効率などにおいて満足な特性が得られない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、本発明は、上記の問題に鑑み、グレーティングと導波光の結合は、屈折率結合と利得結合の複合結合の DFB 半導体レーザを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体レーザは、半導体活性層と、前記半導体活性層上に突出して形成されかつ互いに積層されたクラッド層及びコンタクト層からなるリッジと、前記リッジの両側面から前記半導体活性層上に延在する複数のグレーティング溝からなり前記リッジの伸長方向において周期構造を有するグレーティングと、を有する分布帰還リッジ型半導体レーザであって、隣接する前記グレーティング溝に励起光を吸収する吸収層を有することを特徴とする。

【0007】

本発明の半導体レーザにおいては、前記吸収層は、前記グレーティング溝に接する第 1 絶縁層と前記絶縁層上に積層された金属層と前記金属層上に積層された第 2 絶縁層とからなることを特徴とする。

本発明の半導体レーザにおいては、前記吸収層は、絶縁材料に金属を分散させた絶縁層からなることを特徴とする。

【0008】

本発明の半導体レーザにおいては、前記リッジの側面と前記グレーティング溝の各々とを結合しかつ前記リッジのクラッド層の上部から前記グレーティング溝の上部まで伸長する傾斜面を有するブラケット状グレーティング部分を有することを特徴とする。

本発明の半導体レーザにおいては、前記活性層が $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ (但し、 $0 \leq x < 1$, $0 \leq y \leq 1$) を主成分とするバルク層又は単一量子井戸若しく

は多量子井戸層であり、前記クラッド層が InP であることを特徴とする。

【0009】

本発明の半導体レーザにおいては、前記コンタクト層が InGaAsP 若しくは InGaAs であることを特徴とする。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明による分布帰還リッジ型半導体レーザについて実施の形態の一例を図面を用いて説明する。

図2は、横結合分布帰還リッジ型半導体レーザの断面図を示す。かかる半導体レーザは、半導体活性層10と、半導体活性層10上に突出して形成されかつ互いに積層されたクラッド層11及びコンタクト層13からなるリッジ15と、を有している。また、半導体レーザは、リッジ15の両横側の側面のみから半導体活性層上に延在するクラッド層の材料からなる複数のグレーティング溝20からなりリッジ15の伸長方向において周期構造を有するグレーティングを備える。

【0011】

さらに、半導体レーザは、図3に示すように、グレーティングにおける隣接する各々のグレーティング溝20の間に励起光を吸収する吸収層40を有する。吸収層40は、グレーティング溝20に接する第1絶縁層40aと、その上に積層された金属層40bと、その上に積層された第2絶縁層40cとからなる。

また、他の例では、図4に示すように、吸収層は、絶縁材料に金属を分散させた絶縁層21としてもよい。

【0012】

さらに、半導体レーザでは、リッジ15の側面とグレーティング溝20の各々とを結合しかつリッジ15のクラッド層11の上部からグレーティング溝20で画定されるランド部の上部まで伸長する傾斜面20bを有するブラケット状グレーティング部分20aを備えている。

このDFB半導体レーザ構造においては、グレーティングと導波光との結合は、主に、屈折率結合を生じるように機能しているが、その一方で、周期的に設けられた吸収層により変調されているため、光の吸収すなわち損失が変調されるこ

ととなる。よって、その結果、利得も変調されることになるため利得結合も併せて機能する。

したがって、本発明における横結合DFB半導体レーザでは、デバイスとしてのグレーティングと導波光の結合は、屈折率結合と利得結合の複合結合となる。

以下に、実施の形態のInGaAsP/InP系のDFブリッジ型半導体レーザを製造する方法を説明する。

【0013】

1. 基板成膜

まず、図5に示すように、所定面方位面例えば(100)のn-InP結晶基板9のウエハを用意し、化学エッチングで表面を清浄し、MOCVDにより、それぞれ $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ (但し、 $0 \leq x < 1$, $0 \leq y \leq 1$) のガイド層、活性層及びガイド層を順に形成してSCH (Separate Confinement Heterostructure) 構造の活性層領域10を積層して半導体層構造を基板上に作製する。すなわち、活性層が $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ (但し、 $0 \leq x < 1$, $0 \leq y \leq 1$) を主成分とするバルク層又は単一量子井戸若しくは多量子井戸層である。

【0014】

次に、この活性層10上にリッジ材料例えばp-InPでクラッド層11aを積層する。

次に、このクラッド層11aの次に、p-InGaAsP又はp-InGaAsのウェットエッチング用エッチング停止層12が設けられる。

その後、p-InPのクラッド層11bを再度積層して、最後にp-InGaAs又はp-InGaAsPのコンタクト層13を形成する。

このようにして、図5に示すように、レーザ構造を有するレーザ基板を形成する。レーザ構造は、MOCVDの他に、液相成長法、分子線成長法などのエピタキシャル成長方法でも形成できる。

【0015】

2. リッジ形成

次に、図6に示すように、 SiO_2 膜を形成して、フォトレジストを用いたりソグラフィによって、パターニングし、 SiO_2 パターンを用いて半導体のリッ

ジを形成する。まず、リッジの長手方向を結晶方位、例えば、 $\langle 0-11 \rangle$ に伸長するように SiO_2 等からなる所定幅のリッジマスク 14 を、コンタクト層 13 上に形成して、ドライエッチングを用いて、コンタクト層 13 をエッチングする。

【0016】

次に、ウエットエッチングを用いて、リッジ材料のクラッド層 11b をエッチングして、図 6 に示すように、両側平坦部 F と、これから突出する平坦上面部 T を有するリッジ 15 とを形成する。ウエットエッチングによりリッジ構造を形成し、結晶面 (111) 及びエッチング条件で決定する $0 \sim 55^\circ$ 程度の緩やかな傾斜角を有するリッジ側面 20b を画定する。

【0017】

3. 電子線 (EB) 描画によるグレーティングマスクパターン形成

次に、図 7 に示すように、クラッド層の両側平坦部 F 及びリッジ平坦上面部 T 上にわたって、グレーティング加工用の SiO_2 等のエッチングマスク 16 をスパッタリングなどで成膜する。

次に、両側平坦部並びにリッジの平坦上面部及び傾斜側面にわたって、EB 描画用レジストをスピコート後、バークしてレジスト層を形成する。

【0018】

その後、図 8 に示すように、リッジ上面部をも含め、所望のレーザ発振波長に合わせた周期で、ラインを所定結晶方位に沿って EB 描画し、レジスト層 17 上に、リッジの伸長方向に交差し周期 Λ で変化する周期構造を有するグレーティングマスクの潜像を形成する。

この後、グレーティングマスクの潜像を現像して、グレーティングマスクを形成する。

【0019】

4. グレーティング形成

次に、グレーティング形成工程として、グレーティングマスクを介して、 CF_4 ガスを用いたドライエッチングで SiO_2 の保護膜 16 にグレーティングを形成する。これにより、リッジの両横側の側面のみから延在するクラッド層の材料が

らなる複数のグレーティング溝 2 0 からなるグレーティングを選択的に形成する。このように、両側平坦部からグレーティングを形成するとともにリッジの根本部分を画定する。

【 0 0 2 0 】

その後、塩酸系エッチャントでウェットエッチングを行い保護膜 1 6 を除去して、図 9 に示す構造、すなわちリッジ 1 5 の両横側の側面のみから半導体活性層上に延在するクラッド層の材料からなる複数のグレーティング溝 2 0 からなりリッジ 1 5 の伸長方向において周期構造を有するグレーティングと、リッジ 1 5 の側面とグレーティング溝 2 0 の各々とを結合しかつリッジ 1 5 のクラッド層 1 1 の上部からグレーティング溝 2 0 を画定するランド部の上部まで伸長する傾斜面 2 0 b を有するブラケット状グレーティング部分 2 0 a とを備えた構造が得られる。

【 0 0 2 1 】

このドライエッチングにおいて、リッジ平坦上面部 T のリッジマスク 1 4 及び保護膜 1 6 の合計積層と両側平坦部 F の保護膜 1 6 とのリッジマスク 1 4 に相当する膜厚差があるために、リッジ平坦上面部のコンタクト層 1 3 がドライエッチングから免れ、それ以外の露出しているリッジ側面 2 0 b 及び両側平坦部 F のクラッド層が食刻される。

【 0 0 2 2 】

このように、ドライエッチングによりクラッド層両側平坦部並びにリッジの側面にてグレーティングの溝を掘り込んで、さらにウェットエッチングするので、リッジ側面においては鉛直側面の結晶面 (0 1 1) が現れ、グレーティング部の凸部側面においては鉛直側面の結晶面 (0 1 - 1) が現れ、リッジのほぼ垂直な側面 V とグレーティング溝 2 0 のランド部各々とを結合しかつリッジ 1 5 の平坦上面部からグレーティング溝 2 0 のランド部平坦上面部まで傾斜面を有するブラケット状グレーティング部分 2 0 a が形成される。リッジ側面から非常に深いグレーティングが形成でき、光結合係数を大きく取れることになる。

【 0 0 2 3 】

5. 絶縁膜埋め込み及び電極形成

次に、リッジ平坦上面部のコンタクト層 1 3 上のみを保護膜で被覆して、グレーティングにおける隣接する各々のグレーティング溝 2 0 に積層されるように、図 1 0 に示すように、グレーティング溝 2 0 に接する第 1 絶縁層 4 0 a をスパッタ法などにより形成する。

【 0 0 2 4 】

その後、図 1 1 に示すように、第 1 絶縁層 4 0 a の上に金属層 4 0 b をスパッタ法などにより形成する。金属層 4 0 b の材料は励起する光に対応する吸収係数を有する材料から選択される。

その後、図 1 2 に示すように、リッジ 1 5 及びグレーティング溝 2 0 のある全面に水ガラス (Spin On Glass) などの珪素化合物又はポリイミドなどの樹脂を塗布し、これを硬化させて第 2 絶縁層 4 0 c を形成する。この電流ブロック用保護膜である第 2 絶縁層 4 0 c は、リッジ 1 5 の平面上部ではグレーティングの上部よりも薄い膜厚で形成される。第 2 絶縁層 4 0 c は、レーザ光に対して吸収のない誘電体や樹脂を用いる。

【 0 0 2 5 】

図 1 0 ～図 1 2 では吸収材料としては金属／誘電体多層膜を用いているが、他の例では、金属を適量ドーブし分散した水ガラスすなわち上記の第 2 絶縁層 4 0 c だけからも構成できる。

その後、図 1 3 に示すように、リッジ上面部 T が露出するまで第 2 絶縁層 4 0 c を除去する。リッジ 1 5 の平面上部とグレーティング溝 2 0 のランド部上部との第 2 絶縁層 4 0 c の膜厚差が生じた状態で、ドライエッチングすることによって、リッジ 1 5 の平面上部 T だけを露出させることができる。これはいわゆるセルフアライン法による電極窓形成である。

【 0 0 2 6 】

次に、図 1 4 に示すように、露出したリッジ上面部 T のコンタクト層上に電極 3 0 を形成する。この際、リッジ上面部 T にはグレーティングがなく平坦になっているので接触不良のない電極を形成することができる。そして、 $n-I n P$ の基板 9 の対向面にも対向電極 3 1 を形成する。電極には整流性を有しないオーミック接触の金属が選択される。一般に n 側には $T i / P t / A u$ 、 p 側には $T i$

／Pt／Auが真空蒸着により形成される。このように、n側、p側両方に電極を形成して横結合分布帰還リッジ型半導体レーザが完成する。

【0027】

【発明の効果】

このように、本発明によれば、横結合型DFBレーザは、予め形成した半導体リッジ導波路の横にグレーティングを設け、このグレーティングと、導波光のエバネセント波を光学的に結合させ単一波長発振を実現している。このときグレーティングと光の結合は屈折率結合及び利得（損失）結合が達成できる。

【0028】

屈折率結合のみのDFBレーザに比べ、利得（損失）結合のDFBレーザは、その単一モード歩留まりや雑音の原因となるファイバーからの戻り光に対して耐性が優れている。本発明では、吸収材料の吸収層によるグレーティングを適用することにより、損失性グレーティングとなり、導波路に沿って、光学損失が変調され、損失結合型DFBレーザが実現される。本発明によれば、確実な横光結合が達成されたグレーティング構造を形成でき、高歩留り、低コストな、横結合型の利得（損失）結合DFBレーザが実現される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 DFB半導体レーザの部分切欠斜視図。

【図2】 本発明による実施例のDFB半導体レーザの部分切欠斜視図。

【図3】 図2の線AAにおける部分拡大断面図。

【図4】 本発明による実施例のDFB半導体レーザの部分拡大断面図。

【図5】 本発明による実施例のDFB半導体レーザの製造工程中におけるレーザ基板の概略斜視図。

【図6】 本発明による実施例のDFB半導体レーザの製造工程中におけるレーザ基板の概略部分拡大斜視図。

【図7】 本発明による実施例のDFB半導体レーザの製造工程中におけるレーザ基板の概略斜視図。

【図8】 本発明による実施例のDFB半導体レーザの製造工程中におけるレーザ基板の概略部分拡大斜視図。

【図 9】 本発明による実施例の D F B 半導体レーザの製造工程中におけるレーザ基板の概略斜視図。

【図 1 0】 図 9 の線 A A における部分拡大断面図。

【図 1 1】 図 9 の線 A A における部分拡大断面図。

【図 1 2】 本発明による実施例の D F B 半導体レーザの製造工程中におけるレーザ基板の概略斜視図。

【図 1 3】 本発明による実施例の D F B 半導体レーザの製造工程中におけるレーザ基板の概略斜視図。

【図 1 4】 本発明による実施例の D F B 半導体レーザの製造工程中におけるレーザ基板の概略斜視図。

【符号の説明】

9 基板

1 0 活性層領域

1 1 クラッド層

1 2 ウエットエッチング停止層

1 3 コンタクト層

1 4 リッジマスク

1 5 リッジ

1 6 保護膜

1 7 レジスト層

2 0 グレーティング溝又はランド部

2 0 a ブラケット状グレーティング部分

2 0 b リッジ側面

3 0 電極

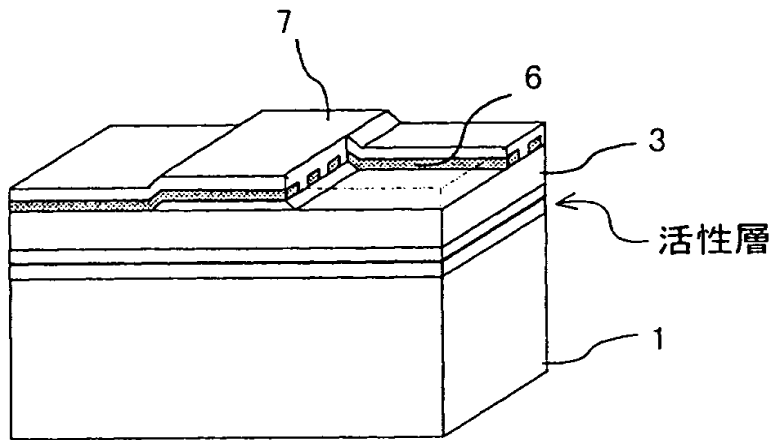
3 1 対向電極

F 両側平坦部

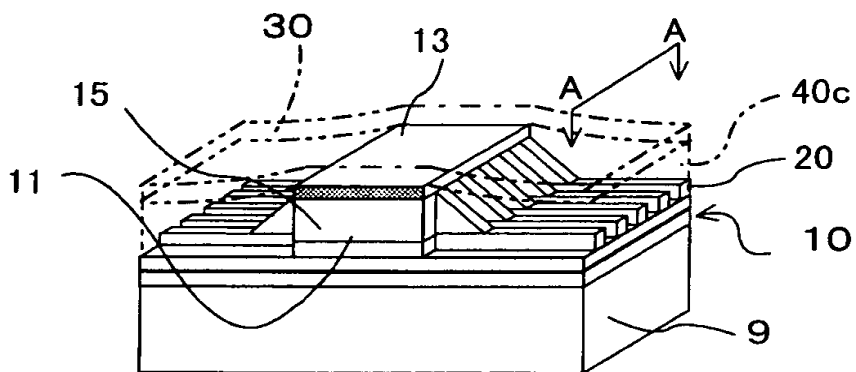
T リッジ平坦上面部

【書類名】 図面

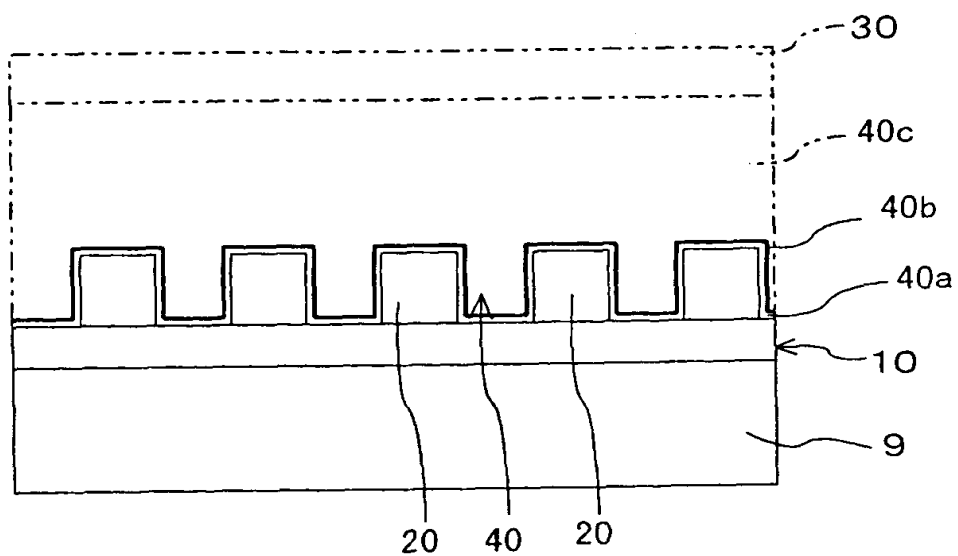
【図 1】



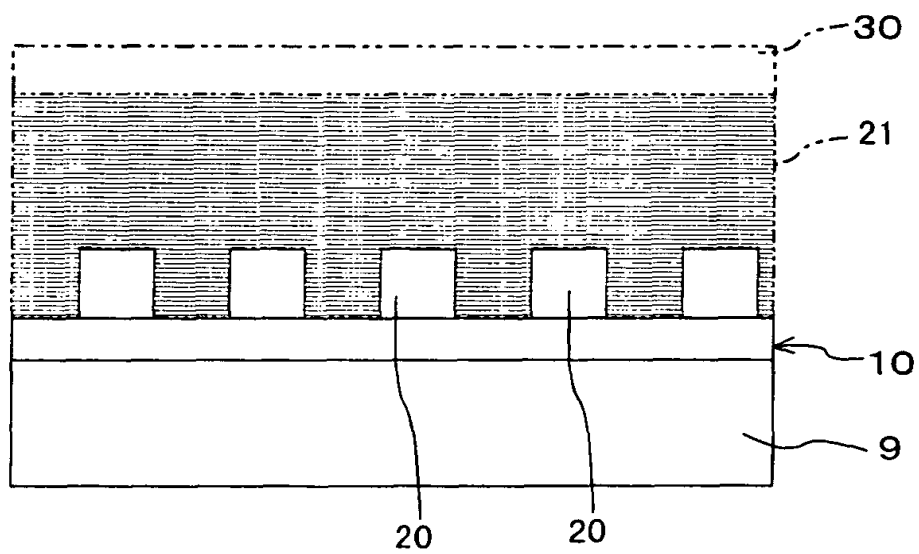
【図 2】



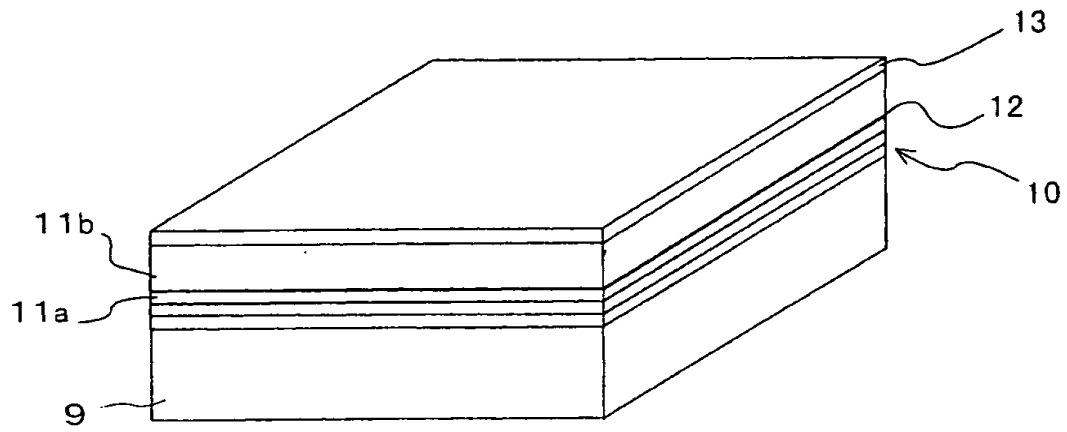
【図 3】



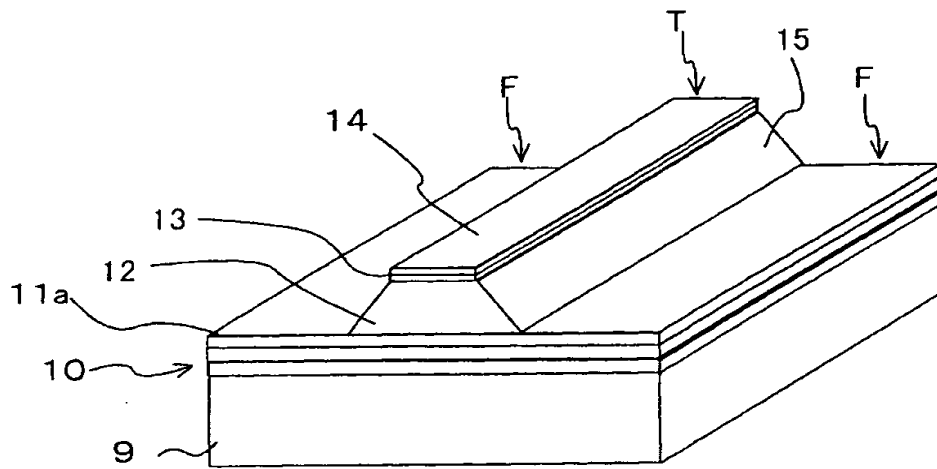
【図 4】



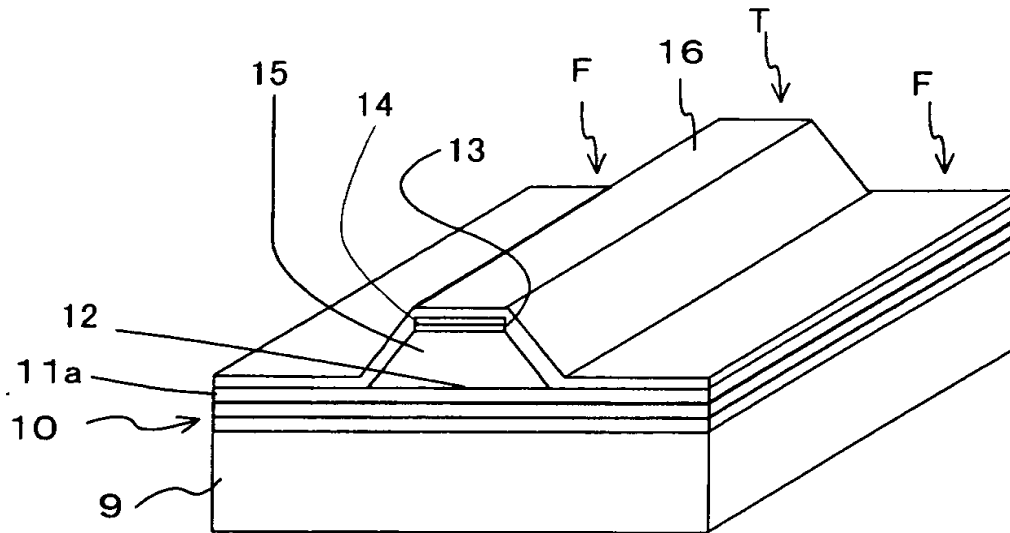
【図 5】



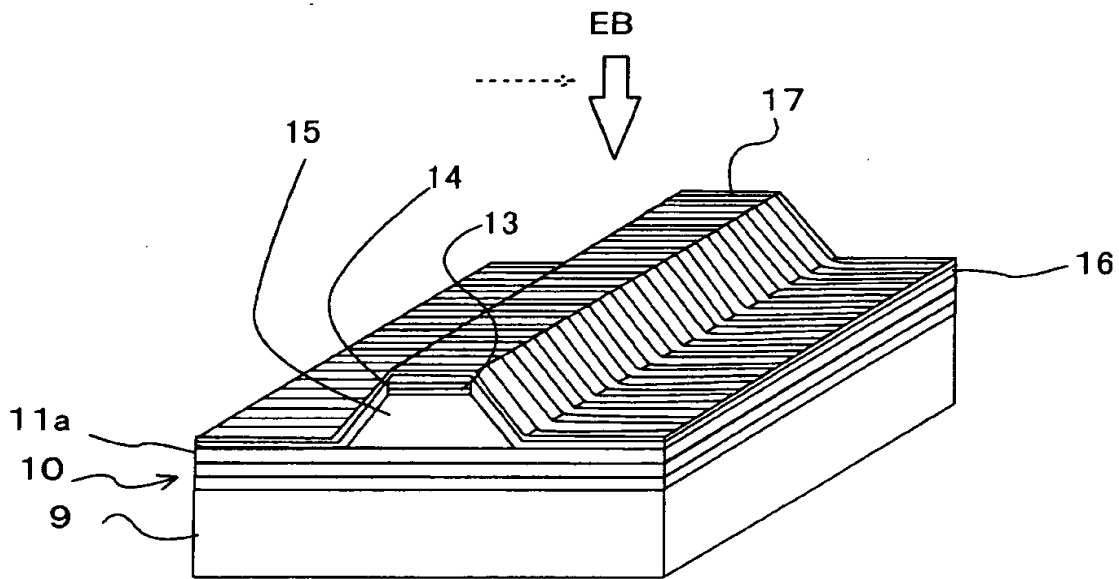
【図 6】



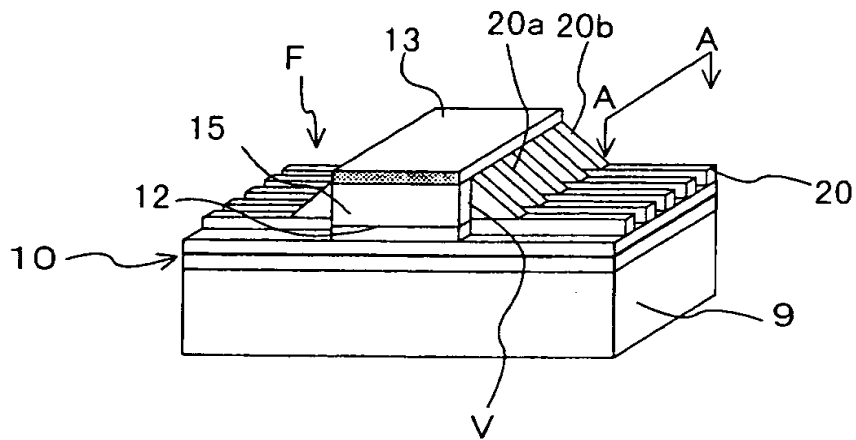
【図7】



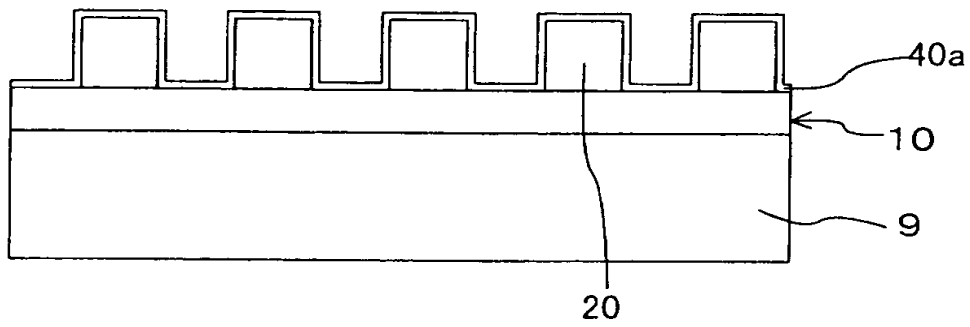
【図8】



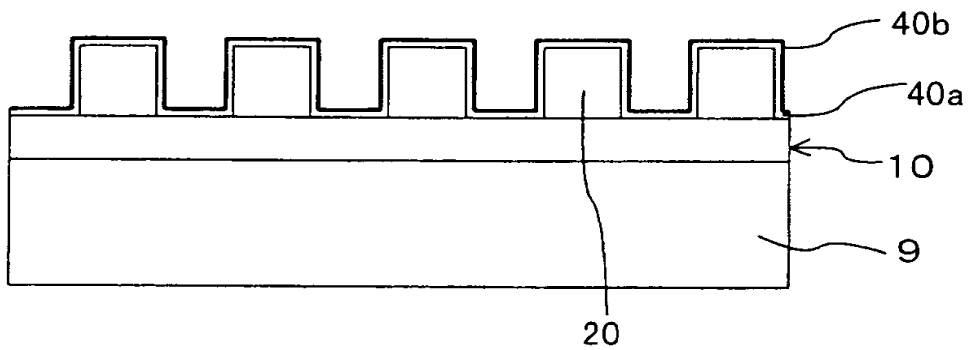
【图9】



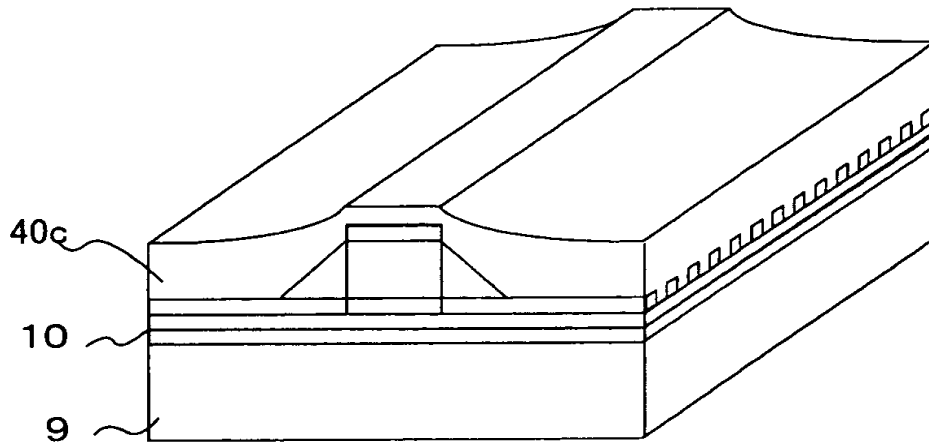
【图 10】



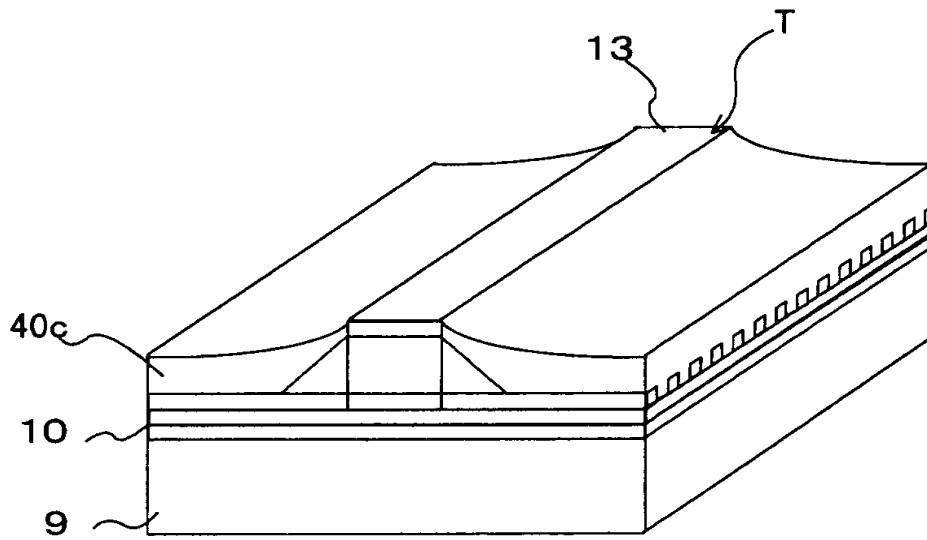
【図 1 1】



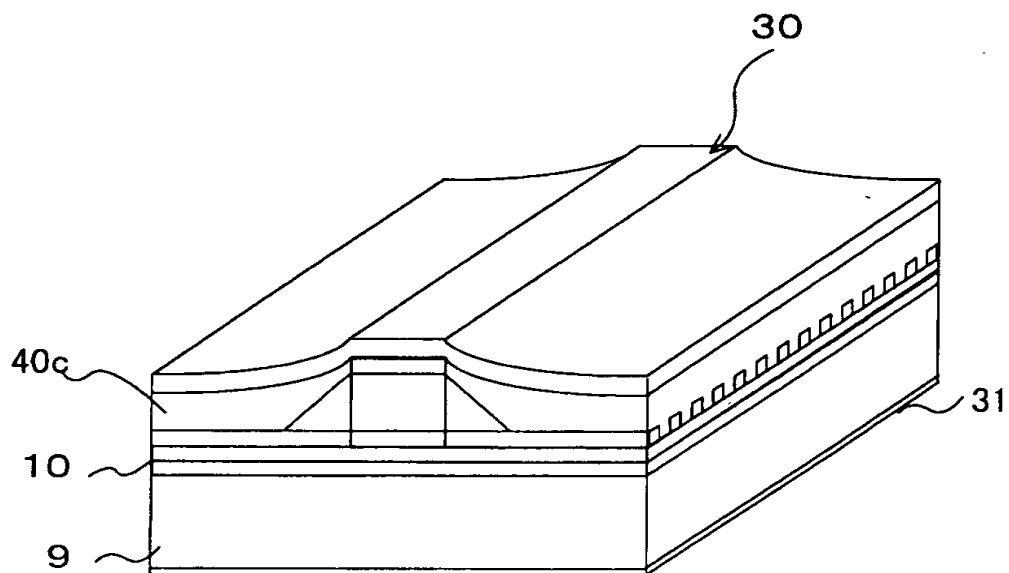
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 屈折率結合及び利得結合を用いた分布帰還リッジ型半導体レーザを提供する。

【解決手段】

半導体活性層と、半導体活性層上に突出して形成されかつ互いに積層されたクラッド層及びコンタクト層からなるリッジと、リッジの両横側の側面から半導体活性層上に延在する複数のグレーティング溝からなりリッジの伸長方向において周期構造を有するグレーティングと、を有する分布帰還リッジ型半導体レーザにおいて、隣接するグレーティング溝に励起光を吸収する吸収層を有する。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005016]

1. 変更年月日 1990年 8月31日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都目黒区目黒1丁目4番1号
氏 名 パイオニア株式会社